



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Cap.5.5 - Assetto della Meccanizzazione Aziendale e apporto delle nuove tecnologie ingegneristiche nella arboricoltura sostenibile [in**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Cap.5.5 - Assetto della Meccanizzazione Aziendale e apporto delle nuove tecnologie ingegneristiche nella arboricoltura sostenibile [in Risorse Agronomiche e Tecnologiche] / G.Pellizzi ; M.Vieri. - STAMPA. - (2007), pp. 493-501.

*Availability:*

This version is available at: 2158/345481 since:

*Publisher:*

Ed. Airplane, Alberto Perdisa

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)



## NUOVE FRONTIERE DELL'ARBORICOLTURA ITALIANA

A cura di **SILVIERO SANSAVINI**

Prefazione di **FRANCO SCARAMUZZI**



Alberto Perdisa Editore, Oasi Alberto Perdisa, Perdisa Pop e Airplane sono marchi di Gruppo Perdisa Editore/Airplane srl

© 2007 Gruppo Perdisa Editore/Airplane srl, Bologna

[www.gruppoperdisaeditore.it](http://www.gruppoperdisaeditore.it)

Finito di stampare nel mese di ottobre 2007  
Impianti Studio grafico Andrea Zuffa, Bologna  
Stampa SO.GRA.TE, Città di Castello (Perugia)

ISBN 978-88-8372-418-3

# Nuove frontiere dell'arboricoltura italiana

*A cura di*  
Silviero Sansavini

*Prefazione di*  
Franco Scaramuzzi

*Patrocinio:*

Accademia dei Georgofili  
Firenze



Fondazione Cassa di Risparmio  
in Bologna

Ministero  
delle Politiche Agricole,  
Alimentari e Forestali  
Roma



Alma Mater Studiorum  
Università di Bologna  
Dipartimento di Colture Arboree



OASI ALBERTO PERDISA

# Indice

Indice alfabetico degli autori .....	Pag.	IV
Prefazione .....	»	XXI
Presentazione .....	»	XXIII
L'opera di Enrico Baldini.....	»	XXV

## ECONOMIA E POLITICA, STORIA E LEGGENDA

### Inquadramento culturale e ambientale delle specie da frutto e forestali nel Mediterraneo e in Italia

<i>F. Calabrese, P. Corona, A. Scienza, O. Failla</i> .....	»	3
1. Mediterraneo.....	»	3
1.1. Lo sviluppo frutticolo nei singoli paesi .....	»	3
2. Colture arboree in Italia.....	»	6
2.1. Da frutto.....	»	6
2.2. Viticoltura da vino .....	»	7
2.3. Boschi .....	»	12
3. Ambiente, vocazionalità, caratterizzazione .....	»	15
3.1. Frutteti.....	»	15
3.2. Viticoltura da vino .....	»	17
3.3. Boschi .....	»	19
4. Tendenze .....	»	20
5. Strategie e programmazione delle superfici a coltura.....	»	21
5.1. Frutticoltura .....	»	21
5.2. Viticoltura .....	»	22
5.3. Boschi .....	»	24
6. Aspetti culturali e socio-economici.....	»	24
Bibliografia .....	»	26

### Sacralità, mitologia e storia dell'albero nel Mediterraneo

<i>F. Calabrese</i> .....	»	27
1. Il sacro .....	»	27
2. Il mito.....	»	30
3. La storia.....	»	33

### Il lungo viaggio nel tempo dell'arboricoltura italiana

<i>G. Amadei</i> .....	»	43
1. Il giardino mediterraneo .....	»	43

2. L'epoca della rivoluzione agraria .....	Pag.	47
3. La prima frutticoltura intensiva .....	»	50
4. Il "boom" della frutticoltura italiana .....	»	52
Bibliografia .....	»	56

## **Politica agraria, globalizzazione e governance: nuovi attori e nuovi scenari.**

### **L'agricoltura tra mercato e nuove funzioni. Il caso dell'ortofrutta**

A. Segrè .....	»	57
1. Introduzione .....	»	57
2. Globalizzazione e governance .....	»	58
2.1. Il ruolo degli accordi internazionali (governare il cambiamento) .....	»	58
2.2. Nuovi attori e nuovi scenari .....	»	59
3. Agricoltura da servizio o da reddito? .....	»	60
3.1. Agricoltura, sostenibilità ed energia, uno sguardo ad Est .....	»	61
3.2. Il mercato ortofrutticolo, dal mercato globale al mercato locale: il caso italiano .....	»	65
4. Conclusioni .....	»	69
Bibliografia .....	»	70

## **AMBIENTE E PAESAGGIO**

### **Codificata una pianificazione delle colture per tutelare il paesaggio agricolo**

F. Scaramuzzi .....	»	73
1. I nuovi interventi normativi .....	»	73
2. Che cosa si intende per paesaggio .....	»	74
3. Metodi di valutazione .....	»	75
4. Possibili interventi di tutela .....	»	78
5. Valore economico del paesaggio .....	»	80
6. Pianificazione generica di qualsiasi paesaggio? .....	»	81
7. Conclusioni .....	»	81

### **L'albero da frutto nel paesaggio agrario del giardino mediterraneo**

G. Barbera .....	»	83
1. Il paesaggio del giardino mediterraneo .....	»	85
2. Quale futuro? .....	»	92
Bibliografia .....	»	96

### **Significati ed evoluzione del paesaggio agrario**

A. Chiusoli, M.E. Giorgioni .....	»	97
1. Gli obiettivi della "scienza" del paesaggio .....	»	97
2. Lo stato dell'arte .....	»	101
Bibliografia .....	»	107

### **Ambiente, diversità, paesaggio: le sinergie con il governo dei boschi**

O. Ciancio, S. Nocentini .....	»	109
1. Introduzione .....	»	109
2. La selvicoltura classica vs la diversità biologica .....	»	110
3. Forme di governo e diversità del paesaggio .....	»	111
3.1. Il bosco ceduo .....	»	111
3.1.1. Futuri scenari .....	»	113
3.2. Le fustaie .....	»	116
3.2.1. L'abbandono .....	»	117



3.2.2. La gestione conservativa.....	Pag.	117
3.2.3. La gestione pianificata secondo modelli selvicolturali .....	»	118
3.2.4. Le utilizzazioni contingenti.....	»	119
4. La rinaturalizzazione dei rimboschimenti .....	»	120
5. I boschi di neo-formazione.....	»	123
6. Conclusioni: la gestione forestale sostenibile.....	»	124
Bibliografia.....	»	125

**Gli adattamenti degli impianti arborei a nuovi scenari climatici**

<i>F. Rossi, D. Spano, S. Orlandini, G. Maracchi</i> .....	»	127
1. Il rapporto agricoltura-clima .....	»	127
1.1. Modelli e metodi di analisi climatica per l'agricoltura .....	»	128
1.2. L'effetto serra e i cambiamenti climatici .....	»	129
1.3. Variazioni del regime termico e pluviometrico.....	»	129
1.4. Variazione dell'evapotraspirazione e del contenuto in acqua del terreno .....	»	131
1.5. Altri effetti.....	»	131
2. Effetti e conseguenze dei cambiamenti e della variabilità climatica sulle specie arboree.....	»	132
2.1. Induzione a fiore e allegagione.....	»	132
2.2. Stress termico .....	»	132
2.3. Fenologia.....	»	133
2.4. Produttività e risposta alla CO <sub>2</sub> .....	»	133
2.5. Spostamento degli areali di coltivazione.....	»	134
3. Riflessi sulle colture arboree e pratiche di adattamento per diminuire la vulnerabilità .....	»	136
3.1. Selezione delle risorse genetiche .....	»	137
3.2. Scelta delle pratiche agronomiche maggiormente sostenibili .....	»	138
3.3. Misure fitosanitarie .....	»	139
3.4. Nuove possibilità: zonazione e agricoltura di precisione .....	»	140
3.5. Attività internazionali di supporto.....	»	140
Bibliografia.....	»	143

**GRANDI COLTURE**

**La frutticoltura meridionale: recupero del patrimonio arboreo, vocazionalità ambientale e nuovi sistemi colturali**

<i>T. Caruso, P. Inglese, A. Motisi</i> .....	»	149
1. Lineamenti evolutivi della frutticoltura meridionale.....	»	149
2. Fattori climatici.....	»	152
2.1. Limitazioni termiche.....	»	153
2.2. Fabbisogno in freddo .....	»	153
2.3. Variabilità climatica .....	»	154
2.4. Variabilità ambientale e scelta colturale.....	»	155
3. Sistemi colturali.....	»	157
3.1. Mandorlo .....	»	157
3.2. Pistacchio.....	»	158
3.3. Pesco.....	»	160
3.4. Ciliegio.....	»	164
3.5. Albicocco.....	»	166
3.6. Melo.....	»	166
4. Conclusioni.....	»	169
Bibliografia.....	»	171

## La frutticoltura di monte e i valori delle specie da frutto nell'ambito delle risorse naturali, dell'economia e del turismo

<i>G. Bounous, P.L. Pisani</i> .....	Pag.	173
1. Introduzione.....	»	173
2. Valore naturalistico e paesaggistico degli ecosistemi frutticoli montani.....	»	173
3. Qualità e tipicità della frutticoltura di monte.....	»	175
4. Frutticoltura montana e turismo.....	»	176
5. Risorse.....	»	176
5.1. Antiche cultivar di fruttiferi.....	»	176
5.2. Piccoli frutti.....	»	179
5.3. Frutti minori.....	»	180
5.4. Castagno.....	»	181
6. Conclusioni.....	»	185
Bibliografia.....	»	186

## L'olivicoltura italiana al bivio

<i>P. Deidda, P. Fiorino, N. Lombardo, A. Tombesi</i> .....	»	187
1. Lo stato dell'olivicoltura.....	»	187
1.1. Introduzione.....	»	187
1.2. La struttura dell'olivicoltura italiana.....	»	188
1.2.1. Le produzioni.....	»	188
1.2.2. Le cultivar.....	»	190
1.2.3. Le dimensioni aziendali.....	»	190
1.2.4. Le piantagioni.....	»	191
1.2.5. La situazione normativa.....	»	192
2. Le dimensioni dell'intervento.....	»	193
2.1. Le nuove strade produttive e gli indirizzi della ricerca.....	»	193
2.1.1. La raccolta del prodotto.....	»	193
2.1.2. I sistemi di piantagione e le piantagioni superintensive.....	»	196
2.1.3. La conoscenza delle cultivar.....	»	198
2.1.4. Il bivio.....	»	199
Bibliografia.....	»	202

## Agrumicoltura italiana: attualità e prospettive

<i>E. Tribulato, E. Maccarone, G. La Rosa</i> .....	»	205
1. Introduzione.....	»	205
2. Importanza economica.....	»	206
3. Specie e cultivar.....	»	207
3.1. Arancio.....	»	208
3.2. Mandarino-simili.....	»	210
3.3. Limone.....	»	211
4. Portinnesti.....	»	213
5. Struttura dell'agrumeto.....	»	215
6. Utilizzazione industriale.....	»	217
6.1. Scenario di riferimento.....	»	217
6.2. Produzione di succhi.....	»	217
6.3. Sottoprodotti della trasformazione.....	»	218
6.4. Qualità dei succhi d'arancia.....	»	218
6.5. Prospettive di ricerca e sviluppo.....	»	219
Bibliografia.....	»	221



**Il comparto delle uve da vino e quello delle uve da tavola:  
evoluzione e innovazione per prodotti di qualità**

<i>C. Intrieri, A. Calò, R. Di Lorenzo</i> .....	Pag.	223
1. Le uve da vino.....	»	223
1.1. Evoluzione delle superfici e delle produzioni .....	»	223
1.2. La piattaforma ampelografica e le aree vocate .....	»	226
1.3. La filiera vivaistica .....	»	229
1.4. La tipologia dei vigneti .....	»	230
1.5. I principi di base della moderna viticoltura.....	»	232
1.6. La scelta dei sistemi di allevamento .....	»	235
1.7. Le nuove frontiere.....	»	239
2. Le uve da tavola .....	»	241
2.1. Introduzione.....	»	241
2.2. Distribuzione territoriale della coltura dell’uva da tavola .....	»	241
2.3. Il panorama varietale .....	»	243
2.4. Sistemi di produzione dell’uva da tavola in Italia .....	»	244
2.5. La gestione del vigneto ad uva da tavola.....	»	246
2.6. Le innovazioni di processo e di prodotto .....	»	247
3. Conclusioni .....	»	249
Bibliografia.....	»	250

**Il comparto enologico: evoluzione e innovazione per vini di qualità**

<i>A. Amati, G. Arfelli</i> .....	»	253
1. Le produzioni enologiche e la legislazione vitivinicola in Italia e nell’Unione Europea: evoluzione dal dopoguerra ai giorni nostri.....	»	253
2. L’innovazione tecnologica nell’enologia italiana: 1970-1980 .....	»	256
2.1. Materiali e attrezzature.....	»	256
2.1.1. Acciaio inox.....	»	256
2.1.2. Vetresine .....	»	257
2.1.3. Poliaccoppiati, materiali plastici e metallo .....	»	257
2.1.4. Attrezzature di controllo dei parametri chimico-fisici e sanitari delle uve .....	»	257
2.1.5. Attrezzature di condizionamento delle uve .....	»	257
2.1.6. Attrezzature per la movimentazione dell’uva .....	»	257
2.1.7. Macchine per la pigiatura e la pressatura .....	»	257
2.1.8. Attrezzature per la sfeccatura e la chiarificazione.....	»	258
2.1.9. Attrezzature per lo scambio termico.....	»	258
2.1.10. Vinificatori .....	»	258
2.1.11. Attrezzature per il condizionamento in atmosfera di gas inerti ...	»	258
2.2. Ausiliari tecnologici.....	»	259
2.3. Tecnologie di vinificazione .....	»	259
2.3.1. Vinificazione in bianco .....	»	260
2.3.2. Vinificazione per macerazione a freddo del pigiato.....	»	260
2.3.3. Iperossigenazione dei mosti .....	»	260
2.3.4. Vini frizzanti .....	»	262
2.3.5. Vinificazione in rosso.....	»	262
3. Le tecnologie innovative nella produzione di vini di qualità dagli anni ‘90 ad oggi.....	»	262
3.1. Interventi prefermentativi.....	»	262
3.1.1. Maturità fenolica .....	»	262
3.1.2. Anidride carbonica solida .....	»	262
3.1.3. Flash détente.....	»	263
3.1.4. Autoarricchimento .....	»	264

3.2. Gestione del potenziale ossidoriduttivo .....	Pag. 264
3.2.1. rH modificato .....	» 264
3.2.2. Affinamento in legno.....	» 265
3.2.3. Micro-ossigenazione.....	» 266
3.3. Ausiliari tecnologici.....	» 266
3.3.1. Lieviti selezionati .....	» 266
3.3.2. Batteri selezionati.....	» 266
3.3.3. Tannini .....	» 266
3.3.4. Enzimi .....	» 267
3.3.5. Alginati .....	» 267
3.4. Gestione della vinificazione .....	» 268
3.4.1. Délestage.....	» 268
3.4.2. Sosta su feccia .....	» 268
3.5. Stabilizzazione.....	» 268
3.5.1. Filtrazione tangenziale.....	» 268
3.5.2. Elettrodialisi .....	» 269
4. Le prospettive dell'enologia italiana nel contesto vitivinicolo mondiale.....	» 269
Bibliografia.....	» 270

## **RISORSE GENETICHE E BIOTECNOLOGIE. PROPAGAZIONE E VARIETÀ COLTIVATE**

### **Le risorse genetiche dell'arboricoltura italiana: conservazione e valorizzazione**

<i>C. Fideghelli, R. Giannini</i> .....	» 277
1. Premessa .....	» 277
2. Le risorse genetiche delle piante da frutto.....	» 278
2.1. Quadro normativo internazionale e nazionale.....	» 278
2.2. L'attività condotta in Italia sulle RG frutticole.....	» 278
3. Le risorse genetiche forestali .....	» 286
4. I processi evolutivi nelle specie arboree forestali .....	» 291
5. L'erosione genetica e la conservazione del germoplasma forestale .....	» 294
6. Domesticazione, centri di origine e di rifugio .....	» 296
7. Conclusioni .....	» 298
Bibliografia.....	» 300

### **Miglioramento genetico e ricerca biotecnologica per il rinnovamento varietale**

<i>S. Sansavini, D. Bassi, R. Testolin</i> .....	» 303
1. Premessa .....	» 303
1.1. Specificità e nuovi indirizzi del miglioramento genetico in frutticoltura..	» 303
1.2. Le varietà del passato.....	» 304
2. I programmi di <i>breeding</i> in Italia .....	» 305
2.1. I programmi pubblici.....	» 305
2.2. I programmi "privati".....	» 305
3. Obiettivi, metodi e risultati del miglioramento genetico tradizionale .....	» 307
3.1. Gli obiettivi .....	» 307
3.2. I metodi.....	» 307
3.3. I risultati .....	» 310
4. La biologia molecolare a supporto del miglioramento genetico .....	» 322
4.1. La mappatura dei genomi e la selezione assistita da marcatori.....	» 322
4.2. Identificazione di geni di interesse agronomico/pomologico: fattori di trascrizione ed espressione genica .....	» 327
4.3. Genomica dei processi fisiologici .....	» 328
4.4. Dal fenotipo alla sequenza nucleotidica.....	» 329

4.5. Trasformazione genetica .....	Pag.	330
5. Prospettive del miglioramento genetico .....	»	330
6. Rapporti fra pubblico e privato e aspettative politiche del miglioramento genetico .....	»	331
Bibliografia .....	»	334
Glossario .....	»	337

### **Biotechnologie OGM: quali prospettive per le piante arboree da frutto?**

<i>A. Gentile, B. Mezzetti</i> .....	»	339
1. Introduzione .....	»	339
2. Come si trasforma una pianta .....	»	340
3. Applicazioni della trasformazione genetica in piante arboree da frutto .....	»	342
3.1. Resistenza a stress biotici .....	»	342
3.2. Controllo dello sviluppo della pianta e della fruttificazione .....	»	345
4. I potenziali rischi .....	»	346
4.1. I rischi per l'ambiente .....	»	346
4.2. I rischi per la salute umana .....	»	348
5. OGM e normative nazionali e comunitarie .....	»	349
6. Conclusioni .....	»	350
Bibliografia .....	»	352

### **Evoluzione delle cultivar e dei portinnesti per una frutticoltura in linea con le moderne tecniche di coltivazione e le esigenze di mercato**

<i>E. Bellini, V. Nencetti</i> .....	»	355
1. Dalla pomologia alla frutticoltura .....	»	355
2. Idoneità varietale e ampiezza del periodo di maturazione delle principali specie .....	»	357
3. Cultivar vecchie e nuove .....	»	358
4. Portinnesti da seme e clonali .....	»	367
5. Parte speciale .....	»	368
5.1. Pesco .....	»	368
5.1.1. Pesche gialle .....	»	369
5.1.2. Pesche bianche .....	»	370
5.1.3. Nettarine gialle .....	»	370
5.1.4. Nettarine bianche .....	»	371
5.1.5. Percoche .....	»	371
5.1.6. Portinnesti da seme .....	»	371
5.1.7. Portinnesti clonali .....	»	372
5.2. Ciliegio dolce .....	»	372
5.2.1. Cultivar a maturazione precoce e medio-precoce .....	»	372
5.2.2. Cultivar a maturazione intermedia .....	»	373
5.2.3. Cultivar a maturazione tardiva e medio-tardiva .....	»	374
5.2.4. Portinnesti da seme .....	»	374
5.2.5. Portinnesti clonali .....	»	374
5.3. Susino .....	»	375
5.3.1. Cultivar cino-giapponesi .....	»	375
5.3.2. Cultivar europee .....	»	376
5.3.3. Portinnesti da seme .....	»	377
5.3.4. Portinnesti clonali .....	»	377
5.4. Albicocco .....	»	377
5.4.1. Cultivar tradizionali .....	»	377
5.4.2. Cultivar nuove .....	»	378
5.4.3. Portinnesti da seme .....	»	378

5.4.4. Portinnesti clonali .....	Pag.	378
5.5. Pero .....	»	379
5.5.1. Cultivar precocissime e precoci .....	»	379
5.5.2. Cultivar estive .....	»	380
5.5.3. Cultivar autunno-invernali.....	»	380
5.5.4. Portinnesti da seme .....	»	380
5.5.5. Portinnesti clonali .....	»	381
5.5.6. Pero autoradicato.....	»	381
5.6. Melo.....	»	382
5.6.1. Cultivar estive .....	»	382
5.6.2. Cultivar autunnali .....	»	382
5.6.3. Cultivar invernali.....	»	383
5.6.4. Cultivar resistenti alla ticchiolatura.....	»	383
5.6.5. Portinnesti clonali .....	»	383
Bibliografia .....	»	385

### **Prospettive di rinnovamento degli impianti, propagazione vivaistica e sicurezza genetico-sanitaria**

<i>F. Loreti, S. Morini, S. Lugli</i> .....	»	387
1. Evoluzione e stato attuale dei sistemi d'impianto.....	»	387
1.1. Stato attuale e prospettive delle forme di allevamento e delle distanze d'impianto .....	»	388
1.2. L'importanza dei portinnesti .....	»	390
1.3. L'importanza delle cultivar.....	»	390
2. Propagazione vivaistica .....	»	392
2.1. Tecniche tradizionali di propagazione .....	»	392
2.2. La propagazione mediante colture <i>in vitro</i> .....	»	394
2.2.1. Micropropagazione.....	»	394
2.2.2. Embriogenesi somatica.....	»	396
2.2.3. Bioreattori e semi artificiali .....	»	397
2.3. Ulteriori prospettive di miglioramento della qualità vivaistica delle piante.....	»	397
3. Qualificazione delle produzioni vivaistiche .....	»	398
3.1. Le regole del vivaismo .....	»	398
3.2. CAC e autocertificazione delle produzioni vivaistiche .....	»	399
3.3. Certificazione genetico-sanitaria.....	»	399
3.4. Garanzie sanitarie .....	»	400
3.5. Garanzie genetiche.....	»	402
3.6. Protezione delle novità varietali.....	»	403
Bibliografia .....	»	405

### **Gli agrumi ornamentali tra arte e scienza**

<i>F.G. Crescimanno, F. Sottile</i> .....	»	407
1. Dalla Sicilia al continente: penisola sorrentina, riviera ligure, ville medicee in Toscana e il Garda .....	»	408
2. La multiforme realtà degli agrumi ornamentali .....	»	410
3. Un comparto vivaistico in costante aumento .....	»	411
4. Le peculiarità siciliane.....	»	413
5. La filiera di propagazione .....	»	415
6. La tecnologia di vivaio .....	»	416
7. Il supporto della ricerca.....	»	417
Bibliografia .....	»	418

**L'acqua, grande risorsa per il Sud e per un'arboricoltura di qualità**

<i>C. Xiloyannis, B. Dichio, P. Mannini</i> .....	Pag.	421
1. Premessa .....	»	421
2. Irrigazione ed impatto ambientale .....	»	422
3. Scenario mondiale e nazionale.....	»	423
4. Il ruolo dell'acqua nella pianta .....	»	424
5. Efficienza dell'uso dell'acqua irrigua .....	»	426
6. Modalità d'uso efficiente dell'acqua in frutticoltura .....	»	428
7. Scelta e progettazione del metodo irriguo.....	»	428
8. Strategie di gestione delle irrigazioni .....	»	432
8.1. Inizio della stagione irrigua .....	»	432
8.2. Volumi e turni di adacquamento.....	»	433
8.3. Fine della stagione irrigua.....	»	435
9. Aridocoltura e tecniche agronomiche in condizioni di carenza idrica .....	»	436
10. Applicazione di stress idrico controllato .....	»	437
11. Irrigazione con acque reflue urbane trattate.....	»	438
12. Irrigazione e difesa delle piante e della produzione dagli abbassamenti termici .....	»	439
13. Politica contributiva.....	»	440
Bibliografia.....	»	442

**Fisiologia dell'albero e dell'ecosistema frutteto**

<i>L. Corelli Grappadelli, M. Tagliavini, G. Tonon</i> .....	»	443
1. Introduzione.....	»	443
2. Ciclo del carbonio.....	»	443
2.1. Fissazione e ripartizione del carbonio .....	»	444
2.2. Perdite di carbonio attraverso la respirazione.....	»	447
3. Relazioni e flussi idrici nel frutteto.....	»	449
3.1. Fisiologia dell'acqua e consumi idrici.....	»	449
3.2. Efficienza d'uso dell'acqua .....	»	451
4. Ciclo dei nutrienti.....	»	453
4.1. Ciclo interno all'albero .....	»	454
4.2. Riciclo tra suolo ed albero .....	»	455
5. Conclusioni .....	»	457
Bibliografia.....	»	459

**Fattori di controllo della qualità dei frutti (suolo e piante)**

<i>G. Costa, B. Marangoni</i> .....	»	461
1. Definizione della qualità organolettica del frutto e metodi di determinazione..	»	461
2. Fattori di controllo della qualità dei frutti in relazione alla gestione della pianta .....	»	463
2.1. Mantenimento dell'equilibrio vegeto/produttivo .....	»	463
2.1.1. Controllo chimico.....	»	463
2.1.2. Potatura dell'apparato radicale.....	»	463
2.2. Diradamento dei frutti e controllo della carica produttiva della pianta....	»	464
2.2.1. Metodi di diradamento dei frutti.....	»	464
2.2.2. Intensità del diradamento dei frutti.....	»	465
2.2.3. Modalità d'esecuzione del diradamento.....	»	465
3. Uso di molecole per il miglioramento delle caratteristiche qualitative dei frutti.....	»	466
3.1. ReTain® e poliammine .....	»	467

3.2. 1-metilciclopropene (1-MCP) .....	Pag.	468
4. Il sistema suolo/pianta .....	»	468
4.1. Monitoraggio dello stato nutrizionale del frutteto .....	»	468
4.2. Concimazione e qualità dei frutti.....	»	473
Bibliografia.....	»	475

**L'evoluzione della difesa fitosanitaria degli alberi da frutto:  
dalla diagnostica molecolare ai nuovi fitofarmaci, per una difesa sicura e mirata,  
rispettosa dell'ambiente**

<i>M.L. Gullino, P. Cravedi</i> .....	»	477
1. Introduzione.....	»	477
2. Diagnostica avanzata per l'identificazione dei patogeni .....	»	478
3. La biologia molecolare applicata alla sistematica entomologica e al ruolo di insetti vettori.....	»	479
4. Lotta chimica.....	»	479
4.1. I nuovi fitofarmaci .....	»	479
4.2. Evoluzione dei fungicidi .....	»	480
4.3. Evoluzione di insetticidi ed acaricidi .....	»	481
4.3.1. Insetticidi .....	»	481
4.3.2. Acaricidi .....	»	484
4.4. Resistenza acquisita a fungicidi e insetticidi .....	»	484
5. Evoluzione delle strategie di difesa: alcuni esempi .....	»	486
5.1. I modelli epidemiologici.....	»	486
5.2. I modelli previsionali nella lotta contro i fitofagi.....	»	488
6. Considerazioni conclusive.....	»	489
Bibliografia.....	»	490

**Assetto della meccanizzazione aziendale e apporto delle nuove tecnologie  
ingegneristiche nell'arboricoltura sostenibile**

<i>G. Pellizzi, M. Vieri</i> .....	»	493
Bibliografia.....	»	502

**FORESTE, BIOMASSA E ARBORICOLTURA DA LEGNO**

**Il Protocollo di Kyoto e il ruolo delle foreste nel bilancio del carbonio**

<i>F. Magnani, S. Raddi, G. Tonon</i> .....	»	505
1. Introduzione.....	»	505
2. Il carbonio nella biosfera e negli ecosistemi forestali: è qui il "missing sink"? .....	»	506
3. Popolazione, agricoltura e foreste: deforestazione, riforestazione e crisi dell'agricoltura italiana .....	»	508
4. La maturazione dei boschi italiani: effetti benefici su crescita e accumulo di carbonio.....	»	509
5. Impianti di arboricoltura come Kyoto forests: un nuovo valore commerciale o nuovi vincoli?.....	»	510
6. Tagliare o non tagliare? Una (non) difficile scelta fra alberi e prodotti legnosi .....	»	511
7. Il legno come alternativa al petrolio: un problema di sostenibilità .....	»	512
Bibliografia.....	»	514

**La produzione di biomassa da colture arboree: realtà italiana e prospettive**

<i>G. Scarascia-Mugnozza, M. Sabatti, P. Paris</i> .....	»	517
1. Biomasse agro-forestali: ruolo nel bilancio energetico e politiche di sviluppo .....	»	517
1.1. Quadro generale .....	»	517
1.2. Uso corrente delle biomasse da energia in Italia.....	»	518

1.3. Potenzialità delle biomasse legnose in Italia .....	Pag.	520
2. Le piantagioni da biomassa .....	»	522
2.1. Caratteristiche tecnico-colturali .....	»	522
2.2. La ricerca su varietà e modelli colturali .....	»	525
2.2.1. Pioppi e salici .....	»	525
2.2.2. Robinia .....	»	526
2.2.3. Eucalitti.....	»	527
2.3. Bilancio economico ed impatto ambientale.....	»	528
2.3.1. Fitorimedio .....	»	529
2.3.2. Sequestro di carbonio e strategie di sostituzione .....	»	531
3. Conclusioni e prospettive .....	»	532
Bibliografia.....	»	534

**L'arboricoltura da legno di qualità per un basso impatto ambientale**

<i>G. Minotta</i> .....	»	535
1. Premessa .....	»	535
2. Il ruolo dell'arboricoltura da legno di qualità nella politica nazionale ed europea .....	»	536
3. Gli obiettivi: tra produzione legnosa ed ambiente .....	»	536
4. L'esperienza italiana: dai primi insuccessi alla pianificazione territoriale .....	»	538
5. I modelli di crescita delle piantagioni .....	»	539
6. La ricerca di settore per un basso impatto ambientale.....	»	539
6.1. Il materiale d'impianto .....	»	539
6.2. Le consociazioni .....	»	541
6.3. La dinamica radicale .....	»	542
7. Conclusioni .....	»	543
Bibliografia.....	»	544

<b>Profilo e pubblicazioni di Enrico Baldini</b> .....	»	545
--	---	-----

<b>Indirizzi degli Autori</b> .....	»	557
-------------------------------------	---	-----



# Assetto della meccanizzazione aziendale e apporto delle nuove tecnologie ingegneristiche nell'arboricoltura sostenibile

Giuseppe Pellizzi\*, Marco Vieri\*\*

In un sempre più definito assetto imprenditoriale dell'azienda agro-forestale la componente "strumentale" (le macchine e le tecnologie nel loro insieme) rappresenta un fattore complementare e sinergico con le altre "risorse" a disposizione: la terra, gli impianti, le strutture intra ed extra aziendali e, prima fra tutte, la risorsa umana.

L'imprenditore che ottimizza il sistema Risorse, Vincoli, Prodotti, progetta e gestisce un processo che basa il proprio successo produttivo sulla efficacia agronomica, sulla massima efficienza tecnologica ed operativa, sul rispetto dei vincoli (ambientali, di sicurezza, di qualità del prodotto, ecc.). Tutto ciò naturalmente nell'ambito della necessaria sostenibilità economica e della effettiva possibilità di dominare l'intero processo produttivo aziendale.

Nella "risorsa strumentale" l'imprenditore ha così a disposizione uno scenario tecnologico che va dalla **zappa al satellite**, dove ogni soluzione ha una propria dignità di impiego in relazione alla situazione contingente. Non esistono vecchi e nuovi attrezzi; esistono utensili, macchine, sistemi di controllo, ognuno dei quali può trovare nel processo produttivo una appropriata collocazione.

In questa nuova impostazione del sistema agricolo e con una prudente criticità, tutte le tecniche e le tecnologie disponibili, vengono analizzate e confrontate in relazione

all'obiettivo imprenditoriale impostato, per trarre quella combinazione di scelte che meglio si adatta alla specifica realtà aziendale.

La distinzione espressa fra tecniche e tecnologie evidenzia la necessità di recuperare il metodo di analisi delle specifiche scelte colturali distinguendo l'**operazione** (ad esempio la lavorazione del terreno con rovesciamento della fetta), dalla **tecnica** (aratura o vangatura), dalla **tecnologia** (il tipo di aratro, gli utensili, i materiali, le diverse soluzioni meccaniche, ecc.).

Un primo effetto di questa impostazione è il ribaltamento dell'ordine dei fattori così come impostato nella meccanica agraria classica dove il protagonista è il trattore.

È l'**utensile** che diventa oggi il punto focale di partenza, cui seguono nell'ordine: i sistemi di regolazione e controllo, le soluzioni costruttive della operatrice, la macchina motrice, il cantiere operativo, il parco macchine ed il sistema azienda nel suo insieme.

Utensili, sistemi di controllo e relativi gruppi funzionali della specifica macchina operatrice determinano la qualità della operazione, mentre la scelta della sequenzialità delle operatrici in tutto il ciclo colturale determina la qualità globale del prodotto.

L'interpretazione e il conseguente sviluppo europeo della *precision farming* è proprio basato sulla ricerca sempre più raffinata di tale qualità operativa, attraverso lo sviluppo di sistemi di controllo ed attuatori che mantengono sempre la migliore regolazione degli utensili e la adattano alla variabilità spa-

\* Professore emerito dell'Università di Milano.

\*\* DIAF, Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Università degli Studi di Firenze.



Fig. 1. Le moderne macchine motrici devono poter controllare separatamente le numerose utenze, ovvero gli utensili che vengono impiegati contemporaneamente.

ziale del parametro considerato: il tipo di impianto, la forma della chioma, l'andamento del terreno, ecc.

Per quanto riguarda la macchina motrice, come già accennato, è proprio il concetto di *trattore* che nella arboricoltura è andato in crisi. La necessità di operatrici o attrezzature particolari i cui utensili devono seguire il profilo delle piante a terra, sui lati della chioma e lungo le strutture vegetali permanenti, ha fatto sì che l'architettura e le prestazioni del trattore classico, progettato per le colture di pieno campo, siano risultate sempre meno adeguate al controllo contemporaneo di più operatrici, la cui disposizione può avvenire contemporaneamente su tutti i 4 lati (fig. 1.).

Si ha ormai a disposizione una ampia gamma di macchine operatrici che adottano

controlli automatici per il posizionamento degli utensili e la loro regolazione, con l'adozione dei diversi livelli tecnologici disponibili: dai semplici posizionatori meccanici, all'impiego dell'idraulica, dell'elettricità e, oggi, della elettronica e dell'ausilio dei computer (figg. 2. e 3.).

La rapidità di sviluppo dell'elettronica, dei sistemi sensore-attuatore, dei comandi multifunzione tipo joystick ed i relativi costi sempre più accessibili rendono effettivamente plausibile la previsione che sulle macchine agricole, anche quelle di minori dimensioni, si possa raggiungere un livello di ergonomia e precisione di controllo già presenti su altre macchine come, a esempio, gli escavatori idraulici, già entrati in alcune fasi importanti del processo produttivo agricolo.

L'impiego delle tecnologie in agricoltura è così passato dal *horse power* – la cultura della potenza meccanica, al "*brain power*" – il controllo intelligente delle macchine, per cui l'uomo imposta preventivamente i parametri operativi e le variazioni possibili ed interviene sul campo prevalentemente nel controllo del corretto funzionamento di tutto il sistema.

Uno degli esempi di riferimento di questa filosofia è stato lo *Smart System* recentemente sviluppato dalla francese Pellenc.

La chiave di successo di questa linea completa di meccanizzazione del vigneto, costituita da moduli operativi semoventi, risiede in tre aspetti sicuramente innovativi:

1) la progettazione parallela delle macchine



Fig. 2. Per poter controllare separatamente il funzionamento delle molteplici operatrici che operano contemporaneamente i moderni trattori sono dotati di un quadro di comando con impugnature multifunzione e regolazioni elettroniche che controllano un numero sempre maggiore di funzioni.





Fig. 3. Il sistema scavallante a carreggiata variabile della New Holland. Gli attrezzi possono essere assemblati anteriormente, posteriormente e centralmente su entrambi i lati. Ogni utensile ha una presa di potenza idraulica e sistemi di controllo della posizione.

operatrici e della motrice, con il risultato di una compatibilità globale di tutte le componenti strutturali, meccanico-idrauliche ed elettroniche;

- 2) l'adozione di un sistema di gestione computerizzato con cui è possibile controllare, con una ergonomia estremamente avanzata, le diverse regolazioni delle operatrici (fig. 4.); tale sistema si avvale di uno specifico protocollo di trasmissione dati e di circuiti idraulici normalizzati per tutte le operatrici, ciò che semplifica e rende veloci le trasformazioni nei diversi allestimenti;
- 3) l'agilità del modulo operativo semovente nelle voltate e la semplicità nel controllo

grazie alle dotazioni strumentali, all'ergonomia ed alla visibilità sul filare.

Un ulteriore esempio è dato dall'escavatore idraulico semovente a piattaforma girevole, cingolato, di piccole e medie dimensioni, che per le notevoli prestazioni, la flessibilità, l'ergonomia e la grande diffusione raggiunte, sta entrando prepotentemente come mezzo indispensabile nel parco macchine agricolo. Già oggi, infatti, viene impiegato per lavorare con grande efficienza e precisione con operatrici quali il trinciator, la fresa per il reimpianto delle barbatelle, l'estrattore per l'espianto o la messa a dimora dei pali, ecc. Sempre più numerose sono



Fig. 4. Il sistema "Smart System" della Pellenc. Gli accoppiamenti portanti, il sistema di prese di potenza e i controlli sono normalizzati ed è possibile effettuare con rapidità i cambi di operatrice. Il computer di bordo per mezzo del protocollo di trasmissione dati normalizzato sul protocollo CAN-BUS può effettuare i controlli.

fra l'altro le aziende in cui questa macchina viene utilizzata con eccellenti risultati anche nella raccolta delle olive.

Parimenti si sono sviluppate nuove macchine motrici, i minicingolati, che hanno sostituito la motozappa ed i pericolosi, onerosi ed inefficienti motocoltivatori a stegole. Le caratteristiche di innovazione di questa nuova categoria di trattore sono: le dimensioni contenute, l'agilità, una comunque elevata potenza e stabilità disponibili, l'attacco porta-attrezzi normalizzato con presa di potenza a trasmissione meccanica, la propulsione a cingoli con trasmissione idrostatica ed il controllo del mezzo effettuato da terra, con una sola mano mediante di una impugnatura multifunzionale.

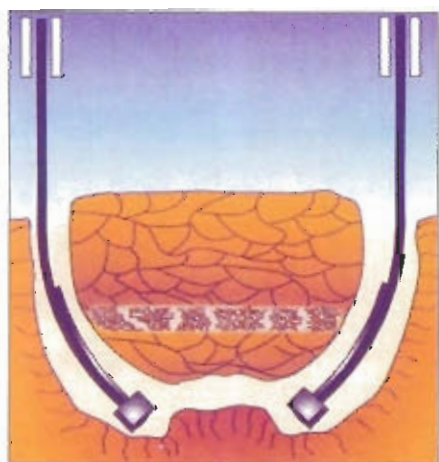
Sempre in evoluzione sono poi le soluzioni innovative in termini di tecnica agronomica e di materiali impiegati nella realizzazione di utensili ed elementi complementari (Pellicci, 2004). Si pensi, in merito, ad alcuni esempi significativi quali:

- le lavorazioni conservative sottosuperficiali fatte con i nuovi *decompattatori*, lame fini verticali, incurvate lateralmente nella parte inferiore a formare un accenno di vomere, che permettono il *root pruning* ed il ripristino della porosità senza d'altronde distruggere l'inerbimento superficiale;
- le lavorazioni conservative di superficie dove si adottano rulli a lame elicoidali

impiegati laddove si eseguano lavorazioni in pendenza e necessari per la creazione di un profilo superficiale con microsolchi trasversali che rallentano la corrivazione delle acque e quindi l'erosione (fig. 5.);

- l'uso di materiali ad elevata resistenza nei taglienti delle potatrici e l'impiego di profili particolari con denti di trattenuta o inclinazione ad elica delle lame rotanti che, creando un flusso aspirante, permettono di effettuare tagli netti ad elevata velocità;
- i bio-polimeri con i quali si realizzano sia componenti meccanici (elementi strutturali, doghe dei battitori, ecc.), come componenti biodegradabili nel medio termine: gli *shelter* di protezione del colletto delle piante o i film pacciamanti posti sotto la fila per evitare la crescita delle infestanti e di colore bianco per sfruttare l'albedo e aumentare l'energia solare catturabile dalla pianta e dai frutti (Heissner, Schmidt, Elsner, 2005). I materiali ceramici con i quali si realizzano polverizzatori di irrorazione sempre più precisi e resistenti nel tempo;
- i sistemi di gestione dell'inerbimento che, oltre a conservare il tappeto erboso nelle migliori condizioni, possono recuperare il materiale vegetale concentrandolo nel sottofila a costituire uno strato pacciamante.

Vi sono inoltre nuove operatrici che sono



Interazione con il terreno di una coppia di ancore ricurve lateralmente.



Fig. 5. Nel concetto sempre più diffuso di lavorazioni conservative gli utensili devono operare con precisione per ridare porosità al terreno senza alterarne il profilo. L'evoluzione dei materiali permette di impiegare lame sottili che tagliano il terreno e lo alzano verticalmente per mezzo di vomeri. Questi particolari discissori vengono chiamati decompattatori. Per ridare uniformità alla superficie del terreno e creare un profilo corrugato, onde ridurre l'erosione, si sono sviluppati particolari rulli che vengono impiegati dopo gli interventi al terreno.





Fig. 6. I residui di potatura possono costituire una notevole fonte energetica. Possono essere raccolti con macchine particolari che confezionano il materiale tritato per poi trasportarlo agli impianti di trasformazione.

state sviluppate a seguito di obiettivi emergenti per il recupero energetico e l'impiego del compost.

- Si stanno sviluppando macchine raccogli-trincia-confezionatrici che possono recuperare dal campo i residui di potatura che poi possono avere un impiego energetico come combustibili per la produzione di calore. Nel vigneto, come nella potatura con turno biennale dell'oliveto si riesce ad ottenere la considerevole massa di 2-2,5 tonnellate ad ettaro (fig. 6.).
- Sempre più diffuso sarà inoltre l'impiego del compost, tal quale o arricchito con concimi minerali per le proprietà ammendanti che facilitano il mantenimento della porosità nei terreni con inerbimento permanente e conferiscono proprietà antierosive. I volumi distribuiti sono elevati e si stanno sviluppando macchine con caricamento automatico e distribuzione nell'interfilare o localizzata.

L'efficacia agronomica e l'efficienza tecnico-operativa dei cantieri di lavoro saranno sempre di più gestiti, come già accennato, da sensori, sistemi di controllo ed attuatori che effettueranno interventi di elevata precisione. Sono in tal senso già sviluppati e disponibili alcune soluzioni significative nelle operazioni che riguardano soprattutto la corretta distribuzione degli agrochimici per i quali è auspicabile una sensibile riduzione delle dispersioni tuttora consistenti. Sistemi di posizionamento submetrici e sensori sempre più sofisticati rendono già disponibili tecnologie per il diserbo e la concimazione differenziati con sistemi *spot*

*spray* e con concentrazione proporzionale al livello di infestazione.

Nel settore delle macchine irroratrici ad aerocoazione gli esempi più significativi di *precision spraying* (fig. 7.), naturalmente abbinati agli odierni sistemi di georeferenziazione, sono costituiti da:



Fig. 7. Il Dosasystem – progettato dal Diaf e realizzato dalla Nobili – consente di variare il prodotto distribuito e la sua concentrazione sulla base di informazioni digitali e del controllo di posizione GPS.

- sistemi di dosaggio di più prodotti fitosanitari così da poter variare tipo e dosi di sostanza attiva in relazione alla specificità del patogeno ed al livello di infestazione (Spugnoli, Vieri, 1997);
- sistemi che uniscono lo *spot spray*, ovvero l'arresto della irrorazione in assenza di vegetazione nell'area verticale della parete del filare, al riconoscimento di forma con sistemi di *imaging* o con sensori di profondità per poter proporzionare il quantitativo di miscela antiparassitaria applicata alla dimensione della massa vegetale;
- dispositivi di regolazione della portata di aria per adeguare il getto vettore alle condizioni della chioma da trattare (Balsari, 2002).

Nell'integrazione imprenditoriale dei diversi fattori produttivi la **componente strumentale** deve necessariamente integrarsi con le altre e, prima fra tutte, quella **strutturale** (gli impianti, i materiali strutturali della coltura, la logistica dei servizi, ecc.)

L'elevato grado di specializzazione delle macchine risulterebbe inutile se allo stesso tempo le strutture, l'impianto e il sistema di allevamento non fossero correttamente configurati in fase progettuale. Obiettivo, questo, piuttosto difficile da raggiungere se pensiamo che su un impianto arboreo, nei molti anni di turno colturale, dovranno operare diverse generazioni di macchine sempre più specializzate.

Non si può prescindere da due criteri fondamentali legati fortemente alla realizza-

zione di un'agricoltura di precisione: il raggiungimento di una "geometria perfetta della pianta" e l'ottenimento di una superficie perfettamente livellata.

La "geometria perfetta della coltura" si può ottenere grazie all'uso delle trapiantatrici che collocano le piante con velocità e precisione; attraverso la realizzazione di una struttura tutore correttamente posizionata ed orientata per facilitare l'incremento della velocità operativa delle macchine.

Una superficie perfettamente livellata è ottenuta con una sistemazione iniziale che realizza una stratificazione verticale con l'interramento completo dello scheletro di dimensioni superiori a 8-10 cm e, nel contempo, la creazione di uno strato drenante continuo. In fase di gestione dell'impianto dovranno periodicamente essere svolti interventi di riduzione delle pietre affiorate, tramite la loro andatura e frantumazione. I vantaggi in termini di stabilità dei mezzi, aumento delle velocità operative, riduzione dei consumi e delle rotture degli utensili sembrano compensare ampiamente l'elevato costo.

Ulteriore verifica progettuale riguarda il controllo dei percorsi, degli spazi di manovra e delle pendenze. Gli attuali strumenti di modellistica tridimensionale, facilmente integrabili con le tecnologie di georeferenziazione, consentono di progettare e verificare – già prima della fase esecutiva, come anche in fase di correzione – strutture adeguate all'ottimizzazione della meccanizzazione e, quindi, alla riduzione dei costi di produzione (figg. 8. e 9.).

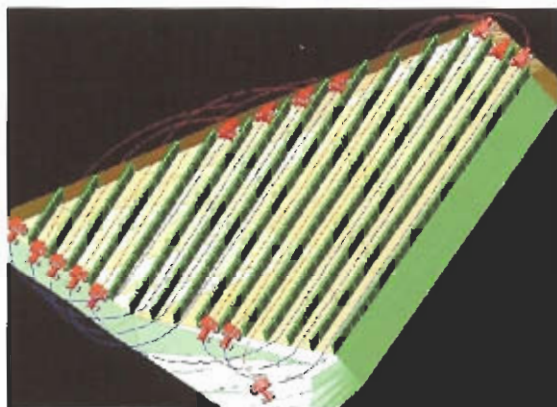


Fig. 8. Vista tridimensionale dell'impianto da realizzare. Il modello CAD è georeferenziato. Si noti la verifica dei percorsi e delle pendenze trasversali nel percorso delle macchine agricole.

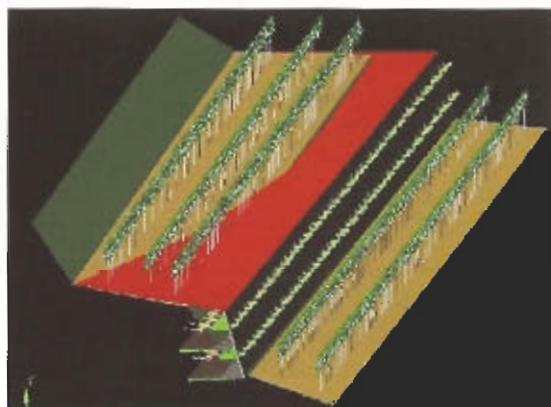
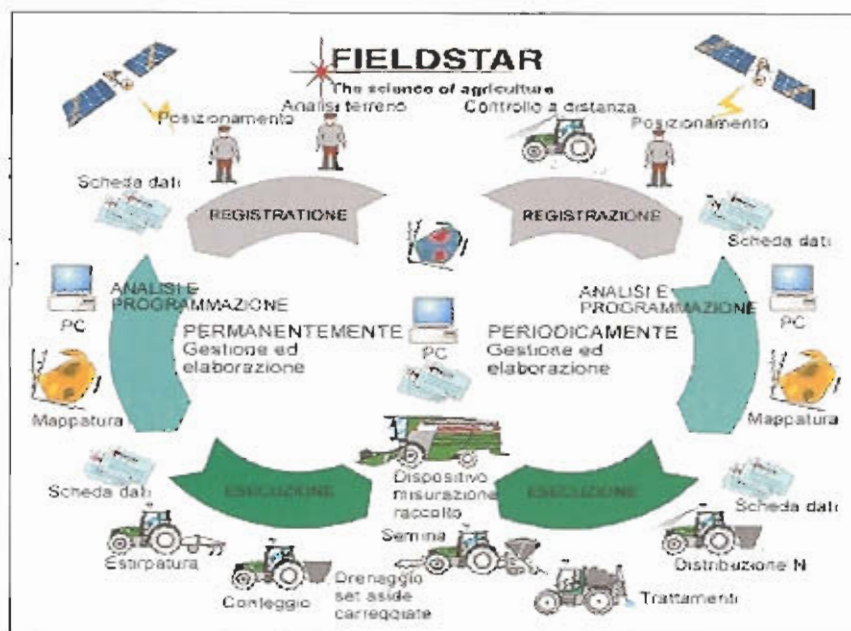


Fig. 9. Vista tridimensionale della porzione di un impianto ristrutturato con le modifiche apportate con la realizzazione della terra rinforzata. Il ripiano in rosso rappresenta la nuova superficie coltivabile.



Fig. 10. Il ciclo della *precision farming*. I sistemi di analisi (remoti come i satelliti o prossimi come i sensori) forniscono dati che vengono abbinati alla specifica posizione attraverso il GPS. Tali informazioni archiviate e elaborate nella complessa architettura della gestione delle produzioni agrarie permettono di ottimizzare ogni singola scelta fatta nella filiera produttiva. Il processo di archiviazione dati permette inoltre di attuare controlli di tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti.



Il perfetto funzionamento di tutto questo sistema è poi controllato dalla **componente "gestionale"** che oggi si avvale di mezzi sofisticati per il rilevamento dei dati in tempo reale, della loro analisi attraverso modelli sinottici e previsionali, della indicazione delle possibili soluzioni e delle relative scelte da attuare.

Software sempre più affinati permettono all'imprenditore di tenere sotto controllo tutto il processo produttivo, al pari di quanto ormai avviene nelle industrie. Telemetria e trasmissioni *wireless* permettono il dialogo costante fra gli apparati del centro di controllo, i sensori biologici ed ambientali posizionati nell'area di produzione, in ogni singolo cantiere operativo, ed oggi anche sulle piante campione (piantoide) (fig. 10.). Nello sviluppo tecnologico dell'arboricoltura una attenzione particolare è rivolta alle operazioni di raccolta che tuttora rimangono quelle che assorbono le maggiori risorse e che, poste alla fine del processo produttivo, possono compromettere la qualità e conseguentemente il valore della produzione (fig. 11.).

I sistemi di raccolta meccanica hanno raggiunto un elevato livello di maturità tecnologica nella viticoltura da vino dove i sistemi di vibrazione sinergicamente alla struttura tutore del filare consentono di avere un distacco ottimale del frutto attraverso una modulazione di frequenza, ampiezza e tipo di accelerazione. Passi ancora incerti si

stanno invece facendo sulle altre colture arboree da frutto.

Nella olivicoltura stiamo assistendo in questi anni ad un notevole investimento tecnologico per poter mantenere una coltura mediterranea che è diventata quasi insostenibile per gli elevati costi produttivi e parimenti per la mancanza di manodopera. Eppure i provati effetti nutraceutici dell'olio di oliva che rappresenta solamente il 5% dei grassi alimentari impiegati nel mondo, induce investimenti consistenti su questa coltura. Oggi questa operazione richiede ordinariamente la metà del costo di produzione dell'olio e rappresenta da oltre 50 anni un problema ed una sfida per tutti: produttori, ricercatori e costruttori di macchine agricole.



Fig. 11. Cantiere di raccolta delle olive costituito da escavatore idraulico, pinza scuotitrice, ombrello di intercettazione e apparato di aspirazione-pulizia e stoccaggio. Brevetto Università di Firenze 2003.





Fig. 12. Macchine per la raccolta in continuo su oliveti diversi.

Due sono le linee principali che si stanno sviluppando: quella che adotta sistemi per scuotimento e l'altra che adotta sistemi di pettinamento della parete vegetale.

Dalle esperienze maturate fino dagli anni '60 presso l'Università di Firenze e nella convinzione della validità di un modulo integrato per il distacco delle olive, l'intercettazione, la pulizia e lo stoccaggio temporaneo, è stato realizzato nel 2000 un allestimento con escavatore cui è stata accoppiata la testata scuotitrice al posto della benna e un ombrello rovescio ad apertura idraulica applicato alla lama anteriore ed un apparato posteriore, dotato di un aspiratore e un ciclone per la pulizia delle olive e lo stoccaggio in bin. La produttività già testata su 180 piante/giorno e la necessità di un solo operatore impiegato e l'ergonomia ed agilità del sistema si stanno diffondendo con crescita esponenziale soprattutto in impianti collinari (Vieri, 2002) (fig. 12.).

Nella olivicoltura ad alta intensità, come ad esempio l'allevamento a spalliera, si sta sviluppando d'altronde il sistema di raccolta in continuo con macchine che adottano preferibilmente la soluzione di raccolta ad aspi pettinatori verticali.

Le tipologie più comuni sono di due tipi: quelle laterali derivate dalle macchine di raccolta del caffè che possono operare anche su piante di notevole sviluppo; e quelle a portale derivate dalle vendemmiatrici, più adatte ad impianti intensivi con spalliera di altezza contenuta.

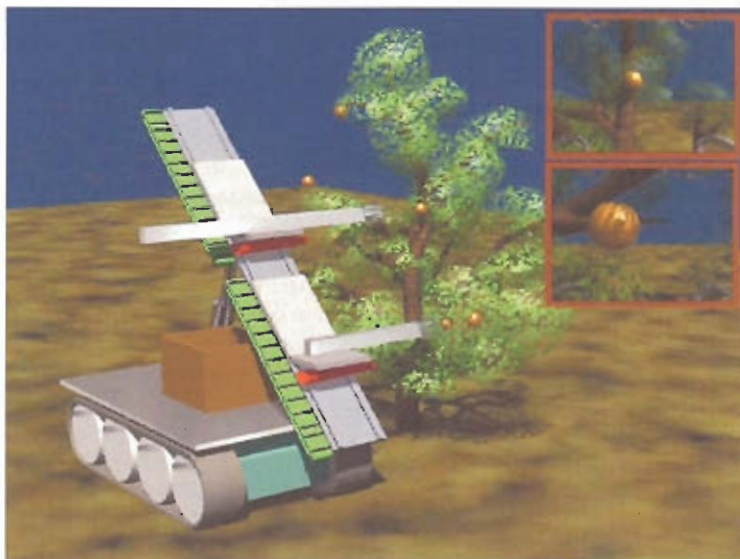
Nella frutticoltura dove il mantenimento dell'integrità del frutto è un vincolo imprescindibile, dopo molti tentativi con sistemi a scuotimento o pettinamento, una soluzio-

ne efficace e appropriata pare venire dall'impiego di robot.

La **robotica** ha portato ad un notevole sviluppo nel campo industriale, ma non è riuscita a coinvolgere allo stesso modo un altro settore produttivo che in alcune parti del mondo è addirittura l'unico: l'agricoltura.

Una delle realizzazioni più avanzate è il robot realizzato dal CRAM di Catania (Abbate, Muscato, Prestifilippo, 2004), costituito da un carro controllato tramite un sistema GPS che consente assoluta autonomia tra i filari e da due bracci adibiti alla raccolta controllati tramite *feedback* metro-visivo. Ogni braccio è dotato di una telecamera che consente l'individuazione e l'accentramento del frutto, e di un telemetro laser per la valutazione della distanza dello stesso (fig. 13.). I gradi di libertà di cui è stato dotato il manipolatore consentono una scansione e una raccolta su fasce diagonali, mentre l'avanzamento del carro fa sì che il robot passi alle fasce successive. Una volta posizionato il carro il sistema inizia una scansione del *workspace* (movimentazione dell'asse obliquo e di quello orizzontale); se durante la scansione il sistema di visione individua un frutto il braccio inizia l'affondamento mentre un *feedback* visivo centra continuamente il frutto. Durante questa fase viene stimata la distanza del frutto per determinare quando iniziare la decelerazione dell'affondamento e, se c'è la necessità, il prolungamento pneumatico. Raggiunto il frutto (arancia, mela) questo viene raccolto e deposto su un facchinetto. La precisione del posizionamento è affidata alla lettura di due *encoder* opportunamente calettati sulle ruote del carro e ad un sistema di naviga-

Fig. 13. Simulazione della fase di raccolta del nuovo robot (in alto a destra: schermi delle telecamere).



zione GPS con precisione centimetrica. L'elemento fondamentale per il corretto funzionamento del manipolatore è il sistema di visione. Notevole è la velocità di elaborazione algoritmo di *imaging* che restituisce le coordinate di tutti i baricentri delle arance o mele presenti nella scena in un tempo medio di 20 ms.

Il passaggio dall'impostazione antropomorfa allo *scanning* della parete vegetale verticale costituisce la chiave di volta che potrà trasformare il sistema di raccolta di frutta a polpa tenera, da consumo fresco.

In questo quadro sintetico sulle prospettive offerte dall'ingegneria delle produzioni arboree non può non essere menzionata la materia che si prospetta come il cuore tecnologico del futuro: le **nanotecnologie** (Pagé, 2004; Warad, Dutta, 2005).

Mini, micro e nanoscale costituiscono una scala evolutiva della tecnologia che, in termini esemplificativi, passa dalla meccanica, all'elettronica (con lo sviluppo di microsensori e microattuatori), alla ingegneria chimico-molecolare.

Le prime strutture biologiche organizzate appartengono alla dimensione della nanoscala (magnitudo  $10^{-9}$ ). L'assemblaggio chimico-molecolare ottenuto con diverse modalità consente di progettare sistemi complessi che presentano specifiche caratteristiche impiegabili per innumerevoli scopi. Tale progettazione richiede d'altronde elevate e specifiche conoscenze sia delle singole molecole come delle proprietà derivanti dalle sinergie create nell'accoppiamento.

Una delle prime applicazioni è stata la creazione di "nasi elettronici" costituiti da substrati biochimici che reagiscono con gas e molecole cambiando le proprietà intrinseche e reagendo in tal modo come un sensore. È questo il caso classico in cui l'impiego della nanoscala produce un aumento esponenziale delle superfici reagenti riuscendo a captare elementi in dosi infinitesime con il risultato di una elevata sensibilità e precisione. Questi sensori biochimici possono fornire peraltro informazioni su suolo, atmosfera, colture, macchine e strutture, ecc. rilevabili a distanza da sistemi di controllo di impianti e macchine.

Altre applicazioni sperimentali fanno prevedere la possibilità di impiegare l'effetto di massa di nanoparticelle disperse sul terreno e/o sulle colture per catalizzare processi metabolici come ad esempio la crescita delle colture, la conservazione degli alimenti, la variazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei tessuti e dei materiali.

Queste nanofabbriche fanno apparire i chip elettronici attuali delle strutture grossolane ed enormi. La letteratura già ampia mostra come i meccanismi attivabili sono di entità inestimabile e già in questo primo inizio di conoscenza gli esempi applicativi sono numerosi in ogni campo produttivo.

Nella arboricoltura del futuro è, quindi, ipotizzabile uno scenario in cui i sistemi elettronici e meccanici odierni, interagiranno con questi biosensori e bio-utensili nel controllo del processo produttivo tradizionale.

## Bibliografia

- Abbate N., Muscato G., Prestifilippo M. 2004. Sviluppo di un Robot per la raccolta automatica della frutta. IEEE Transactions on Magnetics.
- Balsari P. 2002. Le attuali tecnologie disponibili per l'agricoltura di precisione. Convegno ALLA L'innovazione tecnologica per l'agricoltura di precisione e la qualità produttiva. Torino, 22-23 giugno 1999.
- Heissner A; Schmidt S; Elsner B-von 2005. Comparison of plastic films with different optical properties for soil covering in horticulture: test under simulated environmental conditions. *Journal-of-the-Science-of-Food-and-Agriculture*. 2005; 85(4): 539-548.
- Pagé R. 2004. Down on the Farm: the Impact of Nano-Scale Technologies in Food and Agriculture. ETC Group Report. Novembre 2004 ([www.ectgroup.org](http://www.ectgroup.org)).
- Pellizzi G. 2004. Agricoltura, energia e sviluppo sostenibile: una sfida per il futuro. *Riv. Ing. Agr.* (34), 1, 1-6.
- Vieri M., Spugnoli P. 1997. An high pressure injection system for precision application of pesticide. BIOS Scientific Publishers Limited, Oxford.
- Vieri M. 2002. Olive picking tests with a shaker module and a harvesting umbrella, mounted on a rotating platform excavator. *Adv. Hort. Sci.*, 2002 16(3-4): 240-245.
- Warad H.C., Dutta J. 2005. Nanotechnology for agriculture and food system – a view. Proc. Of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering, Bangkok, 11-13 January 2005.